

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of  
Inventor(s): UEMURA

Appln. No.: 09 | 559,273  
Series Code ↑ | ↑ Serial No.



Group Art Unit: 2811

Filed: April 27, 2000

Examiner: unknown

Title: LIGHT-EMITTING SEMICONDUCTOR DEVICE USING  
GROUP III NITRIDE COMPOUND

Atty. Dkt. PM 270586

F99-144-US

M#

Client Ref

Date: January 8, 2001

**SUBMISSION OF PRIORITY  
DOCUMENT IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF RULE 55**

#5 / Priority  
Paper  
1-17-01  
R. Stokes

Hon. Asst Commissioner of Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Please accept the enclosed certified copy(ies) of the respective foreign application(s) listed below for which benefit under 35 U.S.C. 119/365 has been previously claimed in the subject application and if not is hereby claimed.

Application No.	Country of Origin	Filed
10/150532	JAPAN	May 13, 1998
10/358549	JAPAN	December 17, 1998
11/56357	JAPAN	March 4, 1999

Respectfully submitted,

Pillsbury Winthrop LLP  
Intellectual Property Group

1100 New York Avenue, NW  
Ninth Floor  
Washington, DC 20005-3918  
Tel: (202) 861-3000  
Atty/Sec: PWG/EED

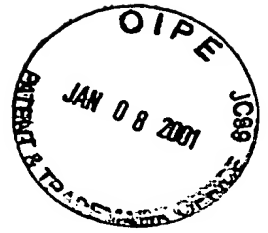
By Atty: Peter W. Gowdey

Reg. No. 25872

Sig:

Fax: (202) 822-0944  
Tel: (202) 861-3078

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 3 月 4 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 0 5 6 3 5 7 号

出 願 人

Applicant (s):

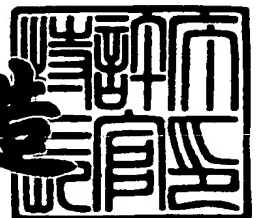
豊田合成株式会社

RECEIVED  
JAN 10 2001  
TECHNOLOGY CENTER 2800

2 0 0 0 年 1 0 月 6 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特 2 0 0 0 - 3 0 8 1 9 9 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 P99012TG

【提出日】 平成11年 3月 4日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

【氏名】 上村 俊也

【特許出願人】

【識別番号】 000241463

【氏名又は名称】 豊田合成株式会社

【代表者】 堀籠 登喜雄

【代理人】

【識別番号】 100087723

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤谷 修

【電話番号】 052-363-2558

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第150532号

【出願日】 平成10年 5月13日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007445

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005344

特平 1 1 - 0 5 6 3 5 7

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に III族窒化物系化合物半導体から成る層が積層された  
フリップチップ型の発光素子において、

p型半導体層に接続され、光を基板側へ反射する正電極を銀 (A g)、ロジウ  
ム (R h)、ルテニウム (R u)、白金 (P t)、パラジウム (P d)、または  
、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金より形成したことを特徴とす  
る III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 2】 前記正電極は、  
複数の種類の金属より形成された多層構造を有する  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 3】 前記 p型半導体層と前記正電極との間に、コバルト (C o)、  
ニッケル (N i)、または、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金よ  
り成る第 1 薄膜金属層を備えたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載  
の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 4】 前記第 1 薄膜金属層の膜厚は、2 Å以上、200 Å以下である  
ことを特徴とする請求項 3 に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 5】 前記第 1 薄膜金属層と前記正電極との間に、金 (A u) または  
金 (A u) を含んだ合金より成る第 2 薄膜金属層を備えたことを特徴とする請求  
項 3 または請求項 4 に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 6】 前記第 2 薄膜金属層の膜厚は、10 Å以上、500 Å以下であ  
ることを特徴とする請求項 5 に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 7】 前記正電極の膜厚、又は、  
前記基板に最も近い、前記多層構造の最下位層を構成する正電極第 1 層の膜厚  
が、0.01~5 μmである  
ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の III族窒化物系  
化合物半導体発光素子。

【請求項 8】 前記正電極、又は、前記正電極第 1 層の上に金 (A u) から成る正

電極第 2 層を形成した

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 9】 前記正電極第 2 層の膜厚が、 $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ である

ことを特徴とする請求項 8 に記載の III 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 10】 前記正電極、前記正電極第 1 層、又は、前記正電極第 2 層の上にチタン(Ti)、クロム(Cr)、または、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金から成る正電極第 3 層を形成した

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 11】 前記正電極第 3 層の膜厚が、 $5 \sim 1000 \text{\AA}$ である

ことを特徴とする請求項 10 に記載の III 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 12】 前記正電極は、

ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、または、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金より成り、かつ、

前記 p 型半導体層に直接接合されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の III 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 13】 前記多層構造は、

ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、または、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金より形成された正電極第 1 層と、

前記正電極第 1 層の上に直接積層される、金(Au)より形成された正電極第 2 層と、

前記正電極第 2 層の上に直接積層される、チタン(Ti)、クロム(Cr)、または、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金より形成された正電極第 3 層の 3 層より成る 3 層構造であり、

前記正電極第 1 層は、前記 p 型半導体層に直接接合されている

ことを特徴とする請求項 2、請求項 10 又は請求項 11 に記載の III 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 14】 前記正電極第 1 層の膜厚は、 $0.02 \sim 2 \mu\text{m}$ であり、

前記正電極第 2 層の膜厚は、 $0.2 \sim 3 \mu\text{m}$ であり、かつ、

前記正電極第 3 層の膜厚は、 $10 \sim 500 \text{\AA}$ である

ことを特徴とする請求項 1 0 又は請求項 1 3 に記載の III 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 1 5】 前記正電極第 3 層の上に、酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ )、窒化珪素 ( $\text{Si}_x\text{N}_y$ )、チタン化合物 ( $\text{Ti}_x\text{N}_y$  等)、或いは、ポリイミドなどから成る絶縁性保護膜が、直接積層されている

ことを特徴とする請求項 1 0、請求項 1 1、請求項 1 3 又は請求項 1 4 に記載の III 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板上に III 族窒化物系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子に関し、特に高光度で、駆動電圧の低いフリップチップ型の発光素子に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

図 7 に、フリップチップ型の発光素子 4 0 0 の断面図を示す。1 0 1 はサファイヤ基板、1 0 2 は  $\text{AlN}$  又は  $\text{GaN}$  より成るバッファ層、1 0 3 は n 型の  $\text{GaN}$  層、1 0 4 は発光層、1 0 5 は p 型の  $\text{AlGaN}$  層、1 0 6 は p 型の  $\text{GaN}$  層、1 2 0 は正電極、1 3 0 は保護膜、1 4 0 は多層構造の負電極である。また、層 1 0 6 に接続されている厚膜の正電極 1 2 0 は、従来例えば、ニッケル ( $\text{Ni}$ ) またはコバルト ( $\text{Co}$ ) より成る膜厚  $3000 \text{\AA}$  の金属層により形成されている。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

発光層 1 0 4 より放出された光をサファイヤ基板 1 0 1 の側に十分に反射させるために、通常フリップチップ型の正電極 1 2 0 には厚膜の金属電極を用いる。しかし、従来技術においては、この厚膜の正電極 1 2 0 にニッケル ( $\text{Ni}$ ) やコ

バルト (Co) などの金属が用いられていたため、波長が 380 nm ~ 550 nm (青紫、青、緑) の可視光の反射量が十分ではなく、発光素子として十分な発光強度が確保できていなかった。

#### 【0004】

本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、高光度、低駆動電圧の発光素子を提供することである。また、他の目的は、高反射率かつ高耐久性の電極を形成することにより、発光素子の電極部分の構成を簡略化し、ワイヤボンディングの不要な発光素子を提供することである。

#### 【0005】

##### 【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。

即ち、第1の手段は、基板上に III族窒化物系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の III族窒化物系化合物半導体発光素子において、p型半導体層に接続され、光を基板側へ反射する正電極を銀 (Ag)、ロジウム (Rh)、ルテニウム (Ru)、白金 (Pt)、パラジウム (Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成することである。ただし、これらの金属または合金より形成される正電極の膜厚は、100 Å以上、5 μm以下であることが望ましい。

#### 【0006】

また、第2の手段は、上記の第1の手段において、正電極に複数の種類の金属より形成された多層構造を設けることである。ただし、この多層より成る正電極の内の少なくとも下位層 (p型半導体層に比較的近い層) が、銀 (Ag)、ロジウム (Rh)、ルテニウム (Ru)、白金 (Pt)、パラジウム (Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成されていれば、本発明の作用により本発明の効果を得ることができる。より望ましくは、最下位層を含んで正電極の下位 1000 Å以内に位置する正電極の各金属層の内の殆ど全ての層をそれぞれ上記の金属または合金より形成することが好ましい。

#### 【0007】

また、第3の手段は、上記の第1の手段または第2の手段において、p型半導



体側層と正電極との間に、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、または、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金より成る第 1 薄膜金属層を備えることである。

## 【0008】

また、第 4 の手段は、上記の第 3 の手段において、第 1 薄膜金属層の膜厚を 2 Å 以上、200 Å 以下とすることである。第 1 薄膜金属層の膜厚は、より望ましくは、5 Å 以上、50 Å 以下がよい。

## 【0009】

また、第 5 の手段は、上記の第 3 の手段または第 4 の手段において、第 1 薄膜金属層と正電極との間に、金 (Au) または金 (Au) を含んだ合金より成る第 2 薄膜金属層を備えることである。

## 【0010】

更に、第 6 の手段は、上記の第 5 の手段において、第 2 薄膜金属層の膜厚を 10 Å 以上、500 Å 以下とすることである。第 2 薄膜金属層の膜厚は、より望ましくは、30 Å 以上、300 Å 以下がよい。

## 【0011】

また、第 7 の手段は、上記の第 1 乃至第 6 のいずれか 1 つの手段において、正電極の膜厚、又は、多層構造の正電極の基板に最も近い最下位層を構成する正電極第 1 層の膜厚を 0.01~5 μm とすることである。正電極第 1 層の膜厚は、望ましくは 0.02~2 μm であり、より望ましくは 0.05~1 μm である。

## 【0012】

また、第 8 の手段は、上記の第 1 乃至第 7 のいずれか 1 つの手段において、正電極、又は、正電極第 1 層の上に金 (Au) から成る正電極第 2 層を形成することである。

## 【0013】

また、第 9 の手段は、上記の第 8 の手段において、正電極第 2 層の膜厚を 0.1~5 μm とすることである。正電極第 2 層の膜厚は、望ましくは 0.2~3 μm であり、より望ましくは 0.5~2 μm である。

## 【0014】

また、第10の手段は、上記の第1乃至第9のいずれか1つの手段において、正電極、正電極第1層、又は、正電極第2層の上にチタン(Ti)、クロム(Cr)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金から成る正電極第3層を形成することである。

## 【0015】

また、第11の手段は、上記の第10の手段において、正電極第3層の膜厚を5~1000Åとすることである。正電極第3層の膜厚は、望ましくは10~500Åであり、より望ましくは15~100Åである。

## 【0016】

また、第12の手段は、上記の第1の手段において、正電極をロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)又はこれらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成し、かつ、この正電極をp型半導体層に直接接合することである。

## 【0017】

また、第13の手段は、上記の第2、第10又は第11の手段において、正電極の多層構造をロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)又はこれらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成された正電極第1層と、正電極第1層の上に直接積層される、金(Au)より形成された正電極第2層と、正電極第2層の上に直接積層される、チタン(Ti)、クロム(Cr)又はこれらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成された正電極第3層の計3層より成る3層構造とし、正電極第1層をp型半導体層に直接接合することである。

## 【0018】

また、第14の手段は、上記の第10又は第13の手段において、正電極第1層の膜厚を $0.02 \sim 2 \mu\text{m}$ とし、正電極第2層の膜厚を $0.2 \sim 3 \mu\text{m}$ とし、かつ、正電極第3層の膜厚を10~500Åとすることである。

## 【0019】

更に、第15の手段は、上記の第10、第11、第13又は第14の手段において、正電極第3層の上に、酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )、窒化珪素( $\text{Si}_x\text{N}_y$ )、チタン化合物( $\text{Ti}_x\text{N}_y$ 等)、或いは、ポリイミドなどから成る絶縁性保護膜を直接積層することである。

以上の手段により、前記の課題を解決することができる。

【0020】

【作用および発明の効果】

銀 (Ag)、ロジウム (Rh)、ルテニウム (Ru)、白金 (Pt)、パラジウム (Pd) は、波長が 380 nm ~ 550 nm (青紫、青、緑) の可視光に対する光の反射率  $R$  が非常に大きい金属 ( $0.6 < R < 1.0$ ) であるため、これらの金属、または、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金を正電極、又は、正電極第 1 層に用いることにより、これらの可視光の正電極による反射量を十分大きくくする事ができ、よって、発光素子として十分な発光強度を確保することができるようになる。

【0021】

これらの正電極、又は、正電極第 1 層に用いられる金属元素の特性を纏めた一覧表を図 6 に示す。本一覧表については、後で詳しく説明するが、上記の 5 種類の金属元素は、これらの多面的な実験結果 (図 6) より、上記正電極、又は、正電極第 1 層に用いる金属として最も優れた元素であることが判っている。

【0022】

例えば、上記の金属または合金は、仕事関数が高い等の理由により、p 型半導体層との接触抵抗が小さいので、これらの金属を用いれば、同時に低駆動電圧の発光素子を実現することができる。

また、上記の金属は、貴金属若しくは白金族元素であるため、これらの金属を用いれば、例えば水分等に対する経時的な耐蝕性が良好となり、信頼性の高い電極を形成することができるという効果も同時に得られる。

【0023】

また、特に、ロジウム (Rh) は、反射率の面で若干銀 (Ag) には劣るものの、その他の物性では、いずれも他の金属よりも優れた特性、若しくは、同等以上の特性を示すため、総合的に見れば、正電極又は正電極第 1 層に用いる金属元素としては、最適の材料である。

【0024】

また、ルテニウム (Ru) は、物性上ロジウム (Rh) と酷似又は類似の性質

を持つので、正電極、又は、正電極第1層に用いる金属元素としては、ロジウム(Rh)と略同様に良い材料である。

#### 【0025】

更に、第1薄膜金属層を設けることにより、正電極のp型半導体層に対する密着性が向上し、発光素子の構造をより強固にすることができる。この第1薄膜金属層の膜厚は、2Å以上、200Å以下が良い。この膜厚を2Å以下にすると膜厚が薄すぎて、十分な密着性を得ることができず、この膜厚を200Å以上にすると、膜厚正電極を形成する銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)またはこれらの合金の作用による高い反射率を得ることができなくなる。

#### 【0026】

また、第2薄膜金属層を設けることにより、正電極のp型半導体層に対する密着性が、より更に向上し、発光素子の構造をより一層強固にすることができる。この第2薄膜金属層の膜厚は、10Å以上、500Å以下が良い。この膜厚を10Å以下にすると、膜厚が薄すぎて強固な密着性を得ることができず、500Å以上にすると上記の金属または合金の作用による高い反射率を得ることができなくなる。

#### 【0027】

また、上記の正電極第1層の膜厚を0.01μm以上、5μm以下とする理由は、次の通りである。即ち、この膜厚を0.01μm以下にすると膜厚が薄すぎて、反射されない透過光を生じ、この膜厚を5μm以上にすると、電極形成に多大な時間を要することとなり、生産性の面で好ましくないためである。

#### 【0028】

また、金(Au)から成る正電極第2層を設けることにより、正電極の抵抗値を上げることなく膜厚の正電極とすることができる。また、正電極上に後工程で形成されるバンプ材、金ボール、或いは、ワイヤーボンディングの形成工程における熱履歴による特性への悪影響を防ぐためには、正電極の膜厚は少なくとも0.1μm以上とすることが望ましい。金(Au)は、形成が容易な耐蝕材であり、また、バンプ材、金ボール、或いは、ワイヤーボンディングとの接合強度が高いため、正電

極第 2 層として非常に望ましい。

【0 0 2 9】

この正電極第 2 層の膜厚は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。 $0.1\mu\text{m}$ 以下にすると膜厚が薄すぎて効果が薄く、この膜厚を $5\mu\text{m}$ 以上にすると、電極形成に多大な時間を要することとなる。

或いは、また、この膜厚を $5\mu\text{m}$ 以上にすると、第 3 実施例で後述するバンプ形成または金ボール形成等の加工工程における都合により、負電極の膜厚も不必要に厚くすることになり、好ましくない。

【0 0 3 0】

また、チタン (Ti) 又はクロム (Cr) から成る正電極第 3 層を設けることにより、基板面の反対側に並ぶ正電極と負電極との間に、例えば酸化珪素膜 ( $\text{SiO}_2$ )、窒化珪素膜 ( $\text{SiN}_x$ )、或いはポリイミドから成る絶縁層を設けた際、絶縁層の正電極からの剥離を抑えることができる。これにより、バンプを形成する際に、バンプ材による短絡を防ぐことができる。この第 3 薄膜金属層の膜厚は、 $5\text{\AA}$  以上、 $1000\text{\AA}$  以下が良い。この膜厚を $5\text{\AA}$  以下にすると、膜厚が薄すぎて絶縁層との強固な密着性を得ることができず、 $1000\text{\AA}$  以上にするとバンプ材や金ボール等の接続部材との強固な密着性を得ることができなくなるため、好ましくない。

【0 0 3 1】

以上のような構成により形成された多層構造の正電極は、光の反射率が高く、水分等の浸入に対しても耐久性が高いので、保護層を簡略化でき、結果ワイヤボンディングを使用しないで外部電極と接続することも可能となる。

【0 0 3 2】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。なお、本発明は、以下の実施例に限定されるものではない。

(第 1 実施例)

図 1 に、本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子 1 0 0 の模式的断面図を示す。サファイヤ基板 1 0 1 の上には窒化アルミニウム (AlN) から成る膜厚約  $200\text{\AA}$  のバッファ層 1 0 2 が設けられ、その上にシリコン (Si) ドープの Ga

N から成る膜厚約4.0  $\mu\text{m}$ の高キャリア濃度 $n^+$ 層103が形成されている。

【0033】

そして、 $n^+$ 層103の上にGa<sub>0.8</sub>In<sub>0.2</sub>Nからなる多重量子井戸構造(MQW)の発光層104が形成されている。発光層104の上にはマグネシウム(Mg)ドーブのAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成る膜厚約600Åのp型層105が形成されている。さらに、層105の上にはマグネシウム(Mg)ドーブのGa<sub>0.8</sub>In<sub>0.2</sub>Nから成る膜厚約1500Åのp型層106が形成されている。

【0034】

又、層106の上には金属蒸着による第1薄膜金属層111が、 $n^+$ 層103上には負電極140が形成されている。第1薄膜金属層111は、層106に接合する膜厚約10Åのコバルト(Co)またはニッケル(Ni)より成る金属層で構成されている。正電極120は、膜厚約3000Åの銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より成る金属層により構成されている。

【0035】

多層構造の負電極140は、膜厚約175Åのバナジウム(V)層141と、膜厚約1000Åのアルミニウム(Al)層142と、膜厚約500Åのバナジウム(V)層143と、膜厚約5000Åのニッケル(Ni)層144と膜厚約8000Åの金(Au)層145とを高キャリア濃度 $n^+$ 層103の一部露出された部分の上から順次積層させることにより構成されている。また最上部には、SiO<sub>2</sub>膜より成る保護膜130が形成されている。

上記のように、正電極120を銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より成る金属層により構成することにより、図3の表中の項番1、項番2に示す従来技術による半導体発光素子400よりも約10%～50%発光強度を向上することができた。

【0036】

(第2実施例)

図 2 に、本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子 2 0 0 の模式的断面図を示す。本発光素子 2 0 0 は、第 1 実施例における発光素子 1 0 0 に第 2 薄膜金属層 1 1 2 を追加したものであり、その他の点では発光素子 1 0 0 となんら変わっていない。この第 2 薄膜金属層 1 1 2 は、膜厚約 1 5 0 Å の金 (A u) より成る金属層により構成されており、膜厚約 1 0 Å のコバルト (C o) またはニッケル (N i) より成る第 1 薄膜金属層 1 1 1 を積層後、第 1 薄膜金属層 1 1 1 と同様に金属蒸着により形成されたものである。

この第 2 薄膜金属層 1 1 2 を第 1 薄膜金属層 1 1 1 と正電極 1 2 0 との間に形成することにより、より一層強固に正電極 1 2 0 を層 1 0 6 に接続することができる。

#### 【0 0 3 7】

図 3 に、フリップチップ型の半導体発光素子 1 0 0、2 0 0 および 4 0 0 の性能比較表を示す。尚、この表には、第 1 実施例において、正電極 1 2 0 を銀 (A g)、或いは、ロジウム (R h) で構成し、第 1 薄膜金属層 1 1 1 の構成を省略した、特に本発明の請求項 1 及び請求項 1 2 に該当する場合の実施例も合わせて掲載した (項番 3、及び、項番 3.1)。

この表からも判るように、本発明による半導体発光素子 1 0 0 または 2 0 0 の構成によれば、正電極 1 2 0 を銀 (A g)、ロジウム (R h)、ルテニウム (R u)、白金 (P t)、パラジウム (P d)、または、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金より成る金属層で形成することにより、発光強度を従来技術による半導体発光素子 4 0 0 (項番 1、項番 2) よりも約 1 0 % ~ 5 0 % 向上することができる。

#### 【0 0 3 8】

尚、項番 1、2 の発光素子 4 0 0 において、第 1 薄膜金属層が設けられていないのは、正電極 1 2 0 自身が、既に第 1 薄膜金属層の構成金属元素であるコバルト (C o) またはニッケル (N i) により形成されているためであり、これにより、正電極 1 2 0 と層 1 0 6 との間の密着性が、既に十分確保されているためである。図 3 において正電極 1 2 0 がコバルト (C o) またはニッケル (N i) により形成された発光素子 4 0 0 (項番 1、項番 2) の相対光度が低いのは、膜厚

正電極 1 2 0 を構成する金属元素の反射率が小さいためであって、第 1 薄膜金属層 1 1 1 の有無は、図 3 における相対光度の優劣をもたらす要因とは成っていない。

#### 【 0 0 3 9 】

むしろ逆に、銀 (A g)、ロジウム (R h)、ルテニウム (R u)、白金 (P t)、パラジウム (P d)、または、これらの金属を少なくとも 1 種類以上含んだ合金より正電極 1 2 0 を形成する場合には、図 3 の項番 3 と項番 4 とを比較しても判るように、第 1 薄膜金属層 1 1 1 または第 2 薄膜金属層 1 1 2 が無い方が、より大きな発光強度を得ることができる。即ち、このような構成によれば、正電極 1 2 0 と層 1 0 6 との間の密着性についてはいくらか劣るものの、発光光度の面ではより優れた値を示す。これは、第 1 薄膜金属層 1 1 1 または第 2 薄膜金属層 1 1 2 による光の吸収が無くなるためである。

#### 【 0 0 4 0 】

また、特に、図 3 項番 3 .1 の第 1 及び第 2 薄膜金属層を積層せずに、直接 p 型の G a N 層 1 0 6 の上に膜厚約 3000 Å のロジウム (R h) より成る正電極 1 2 0 を形成した発光素子 4 0 0 では、項番 8 の発光素子 2 0 0 と略同量の光度と、同等以上に強固な G a N 層 1 0 6 との密着性を得ることができた。これは、ロジウム (R h) の持つ高い反射率、及び、G a N 層との強固な密着性に依るものであり、項番 3 .1 の発光素子 4 0 0 は、これらの両面で項番 5 の発光素子 1 0 0 よりも優れている。

即ち、項番 3 .1 の発光素子 4 0 0 を製造すれば、ロジウム (R h) の持つ特性により、第 1 及び第 2 薄膜金属層を積層せずに、光度、密着性等が十分に良好な発光素子を提供できる。従って、この項番 3 .1 の構成によれば、第 1 及び第 2 薄膜金属層の積層工程を省略して、生産性の高い、量産に最適な発光素子 4 0 0 を製造することも可能となる。

#### 【 0 0 4 1 】

上記の実施例では、正電極 1 2 0 の膜厚は、約 3 0 0 0 Å であったが、正電極 1 2 0 の膜厚は、1 0 0 Å 以上、5 μ m 以下であれば良い。正電極 1 2 0 の膜厚が 1 0 0 Å 未満だと、光を十分に反射することができなくなり、5 μ m を越える



と、蒸着時間や材料が必要以上に掛かり生産コストの面で劣る。

【 0 0 4 2 】

また、上記の実施例では、第 1 薄膜金属層の膜厚は、約 1 0 Åであったが、第 1 薄膜金属層の膜厚は、2 Å以上、2 0 0 Å以下であればその効果を発揮する。第 1 薄膜金属層 1 1 1 の膜厚は、より望ましくは、5 Å以上、5 0 Å以下がよい。第 1 薄膜金属層 1 1 1 は、薄過ぎると層 1 0 6 と正電極 1 2 0 とを強く結合させることができなくなり、厚過ぎると光の吸収が起こり、発光光度が落ちる。

【 0 0 4 3 】

また、上記の実施例では、第 2 薄膜金属層の膜厚は、約 1 5 0 Åであったが、第 2 薄膜金属層の膜厚は、1 0 Å以上、5 0 0 Å以下であればその効果を発揮する。第 2 薄膜金属層 1 1 2 の膜厚は、より望ましくは、3 0 Å以上、3 0 0 Å以下がよい。第 2 薄膜金属層 1 1 2 は、薄過ぎると第 1 薄膜金属層 1 1 1 と正電極 1 2 0 とを強く結合させることができなくなり、厚過ぎると光の吸収が起こり、発光光度が落ちる。

【 0 0 4 4 】

また、上記の実施例では、正電極 1 2 0 は単層構造をしていたが、正電極 1 2 0 は、多層構造を備えていてもよい。層 1 0 6、第 1 薄膜金属層 1 1 1 または第 2 薄膜金属層 1 1 2 の上から、例えば、膜厚約 5 0 0 0 Åの銀 (A g)、膜厚約 8 0 0 Åのニッケル (N i)、膜厚約 8 0 0 0 Åの金 (A u) を順次蒸着により積層することにより、膜厚約 1 . 4 μ m の正電極を形成してもよい。このような構成によっても、正電極による反射効率の十分高い高光度の発光素子を得ることができる。

【 0 0 4 5 】

(第 3 実施例)

図 4 に、本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子 3 0 0 の模式的断面図を示す。サファイヤ基板 1 0 1 の上には窒化アルミニウム (A l N) から成る膜厚約 200 Å のバッファ層 1 0 2 が設けられ、その上にシリコン (S i) ドープの G a N から成る膜厚約 4 . 0 μ m の高キャリア濃度  $n^+$  層 1 0 3 が形成されている。そして、層 1 0 3 の上に G a N と  $G a_{0.8}I n_{0.2}N$  からなる多重量子井戸構造 (M Q W) の発光層 1

04が形成されている。発光層104の上にはマグネシウム(Mg)ドーブの $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成る膜厚約600Åのp型層105が形成されている。さらに、p型層105の上にはマグネシウム(Mg)ドーブのGaNから成る膜厚約1500Åのp型層106が形成されている。

## 【0046】

また、p型層106の上には金属蒸着による多層構造を有する正電極120（以下、「多重正電極120」と言う場合がある。）が、 $n^+$ 層103上には負電極140が形成されている。多重正電極120は、p型層106に接合する正電極第1層121、正電極第1層121の上部に形成される正電極第2層122、更に正電極第2層122の上部に形成される正電極第3層123の3層構造である。

## 【0047】

正電極第1層121は、p型層106に接合する膜厚約0.1μmのロジウム(Rh)又は白金(Pt)より成る金属層である。また、正電極第2層122は、膜厚約1.2μmの金(Au)より成る金属層である。また、正電極第3層123は、膜厚約20Åのチタン(Ti)より成る金属層である。

## 【0048】

多層構造の負電極140は、膜厚約175Åのバナジウム(V)層141と、膜厚約1000Åのアルミニウム(Al)層142と、膜厚約500Åのバナジウム(V)層143と、膜厚約5000Åのニッケル(Ni)層144と膜厚約8000Åの金(Au)層145とを高キャリア濃度 $n^+$ 層103の一部露出された部分の上から順次積層させることにより構成されている。

## 【0049】

このように形成された多重正電極120と負電極140との間には $\text{SiO}_2$ 膜より成る保護膜130が形成されている。保護層130は、負電極140を形成するために露出した $n^+$ 層103から、エッチングされて露出した、発光層104の側面、p型層105の側面、及びp型層106の側面及び上面の一部、正電極第1層121、正電極第2層122の側面、正電極第3層123の上面の一部を覆っている。 $\text{SiO}_2$ 膜より成る保護膜130の正電極第3層123を覆う部分の厚さ

は $0.5\mu\text{m}$ である。

#### 【0050】

上記のように、多重正電極 1 2 0 をロジウム(Rh)又は白金(Pt)より成る正電極第 1 層、金(Au)より成る正電極第 2 層、チタン(Ti)より成る正電極第 3 層により構成した、本発明による発光素子 3 0 0 の発光光度を測定し、従来の発光素子 4 0 0 と比較した。結果を図 5 に示す。ここから、従来技術による発光素子 4 0 0 に比較し、本発明により約 30%~40% 発光光度を向上することができた。

#### 【0051】

このような構成のフリップチップ型発光素子 3 0 0 は、高い発光光度と高い耐久性を持ち合わせており、保護層 1 3 0 を大幅に省略でき、外部電極との接続に際し、正電極、負電極とも広い面積を使用することができる。このため、ハンダ等によるバンプ形成や、直接正電極、負電極上での金ボール形成により、発光素子を反転させて回路基板に直接接続することも可能である。

或いは、また、外部電極との接続は、ワイヤボンディングなどによって実施しても良い。

#### 【0052】

尚、上記の第 3 実施例では、多重正電極 1 2 0 の膜厚は、約 $1.3\mu\text{m}$ であったが、この多重正電極 1 2 0 の膜厚は、 $0.11\mu\text{m}$ 以上、 $10\mu\text{m}$ 以下であれば良い。この多重正電極 1 2 0 の膜厚が $0.11\mu\text{m}$ 未満だと、光を十分に反射することができなくなり、バンプ材や金ボール等の接続部材との強固な密着が得られなくなる。一方、 $10\mu\text{m}$ を越えると、蒸着時間や材料が必要以上に掛かり生産コストの面で劣る。

#### 【0053】

また、上記の第 3 実施例では、正電極第 1 層 1 2 1 の膜厚は、 $0.1\mu\text{m}$ であったが、正電極第 1 層の膜厚は、 $0.01\sim 5\mu\text{m}$ であればその効果を発揮する。正電極第 1 層の膜厚は望ましくは $0.02\sim 2\mu\text{m}$ であり、より望ましくは $0.05\sim 1\mu\text{m}$ である。正電極第 1 層 1 2 1 は、薄過ぎると光の反射が不十分となり、厚過ぎると蒸着時間や材料が必要以上に掛かり、生産コストの面で劣る。

#### 【0054】

また、第3実施例では、正電極第2層122の膜厚は、 $1.2\mu\text{m}$ であったが、正電極第2層の膜厚は、 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ であればその効果を発揮する。正電極第2層122の膜厚は望ましくは $0.2\sim 3\mu\text{m}$ であり、より望ましくは $0.5\sim 2\mu\text{m}$ である。正電極第2層122は、薄過ぎると、パンプ材や金ボール等の接続部材との強固な密着が得られなくなる。一方、厚過ぎると負電極140のバランスをとる必要上、正電極第2層122と負電極140の両方で蒸着時間や材料が必要以上に掛かり、好ましくない。

## 【0055】

また、第3実施例では、正電極第3層123の膜厚は、 $20\text{\AA}$ であったが、正電極第3層の膜厚は、 $5\sim 1000\text{\AA}$ であればその効果を発揮する。正電極第3層123の膜厚は望ましくは $10\sim 500\text{\AA}$ であり、より望ましくは $15\sim 100\text{\AA}$ である。正電極第3層123は、薄過ぎると保護層との密着性が悪くなり、厚過ぎると抵抗値が高くなり、好ましくない。

## 【0056】

また、第3実施例では、正電極第3層としてチタン(Ti)を使用した。正電極第3層としては、チタン(Ti)、クロム(Cr)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金を使用してもよい。

## 【0057】

図6に、正電極、又は、正電極第1層に用いられる金属元素の特性を纏めた一覧表を示す。本一覧表の各評価項目①～⑥は、以下の通りである。

①反射率：発光層104からの所定量の発光に対する、波長が $380\text{nm}\sim$

$550\text{nm}$ （青紫、青、緑）の可視光の反射量による評価。

②接触抵抗（駆動電圧）：GaN層との接触抵抗に対する

発光素子の駆動電圧による評価。

③GaN層との密着性：所定の耐久テストにおける

不具合箇所の発生頻度による評価。

④耐蝕性：各元素の物性値、及び、性質による評価。

⑤Au積層後の特性安定性：発光素子300における金(Au)より成る正電極

第2層122積層後の駆動電圧の上昇、及び、

上記可視光の反射量の劣化による評価。

⑥総合評価（商用量産可否）：発光素子の量産を前提とした、上記の評価項目

①～⑤を基とする総合的考察による評価。

【0058】

特に、フリップチップ型の化合物半導体発光素子の場合、上記の評価項目①、②における評価が共に良（○）以上であることが、製品としての必要条件となるため、本発明の有効性が、図6の一覧表より判る。

【0059】

また、特に、ロジウム（Rh）は、①反射率の面で若干銀（Ag）には劣るものの、その他の評価項目②～⑤では、いずれも他の金属よりも優れた特性、若しくは、同等以上の特性を示しており、正電極、又は、正電極第1層に用いる金属元素としては、最適の材料であることが判る。

【0060】

また、ルテニウム（Ru）は、物性上ロジウム（Rh）と酷似又は類似の性質を持つので、正電極、又は、正電極第1層に用いる金属元素としては、ロジウム（Rh）と略同様に良い材料である。

【0061】

尚、上記の第1乃至第3実施例における発光素子の各層の構成は、あくまでも各層を形成する際の物理的または化学的構成であって、その後、より強固な密着性を得るために、あるいは、コンタクト抵抗の値を下げる等の目的で実施される例えば熱処理などのような物理的または化学的処理によって各層間では、固溶あるいは化合物形成が起きていることは言うまでもない。

【0062】

また、上記の第1乃至第3実施例では、発光素子の発光層104はMQW構造としたが、発光層104の構造は、SQW構造やホモ接合構造でもよい。また、本発明の発光素子を形成するIII族窒化物系化合物半導体層はバッファ層を含み、これらの層は任意の混晶比の4元、3元、2元系の $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ ) としても良い。

【0063】

また、バッファ層には、上記のIII族窒化物系化合物半導体の他にも、窒化チタン(TiN)、窒化ハフニウム(HfN)等の金属窒化物や、酸化亜鉛(ZnO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化マンガン(MnO)等の金属酸化物を用いてもよい。

【0064】

また、p型不純物としては、マグネシウム(Mg)の他、ベリリウム(Be)、亜鉛(Zn)等の2族元素を用いることができる。また、これらがドーピングされたp型半導体層をより低抵抗にするためには、更に、電子線照射やアニーリングなどの活性化処理を行っても良い。

【0065】

また、上記の実施例では、高キャリア濃度 $n^+$ 層103は、シリコン(Si)ドーピングの窒化ガリウム(GaN)より形成したが、これらのn型半導体層は、上記のIII族窒化物系化合物半導体に、シリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)等のIV族元素、又は、VI族元素をドーピングすることにより形成しても良い。

【0066】

また、結晶成長の基板には、サファイヤの他に、炭化珪素(SiC)、酸化亜鉛(ZnO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化マンガン(MnO)等を使用しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子100の模式的断面図。

【図2】

本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子200の模式的断面図。

【図3】

フリップチップ型の半導体発光素子100、200、400の性能比較表。

【図4】

本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子300の模式的断面図。

【図5】

フリップチップ型の半導体発光素子300、400の発光光度を示す表。

【図6】

正電極、又は、正電極第1層に用いられる金属元素の特性を纏めた一覧表。

【図 7】

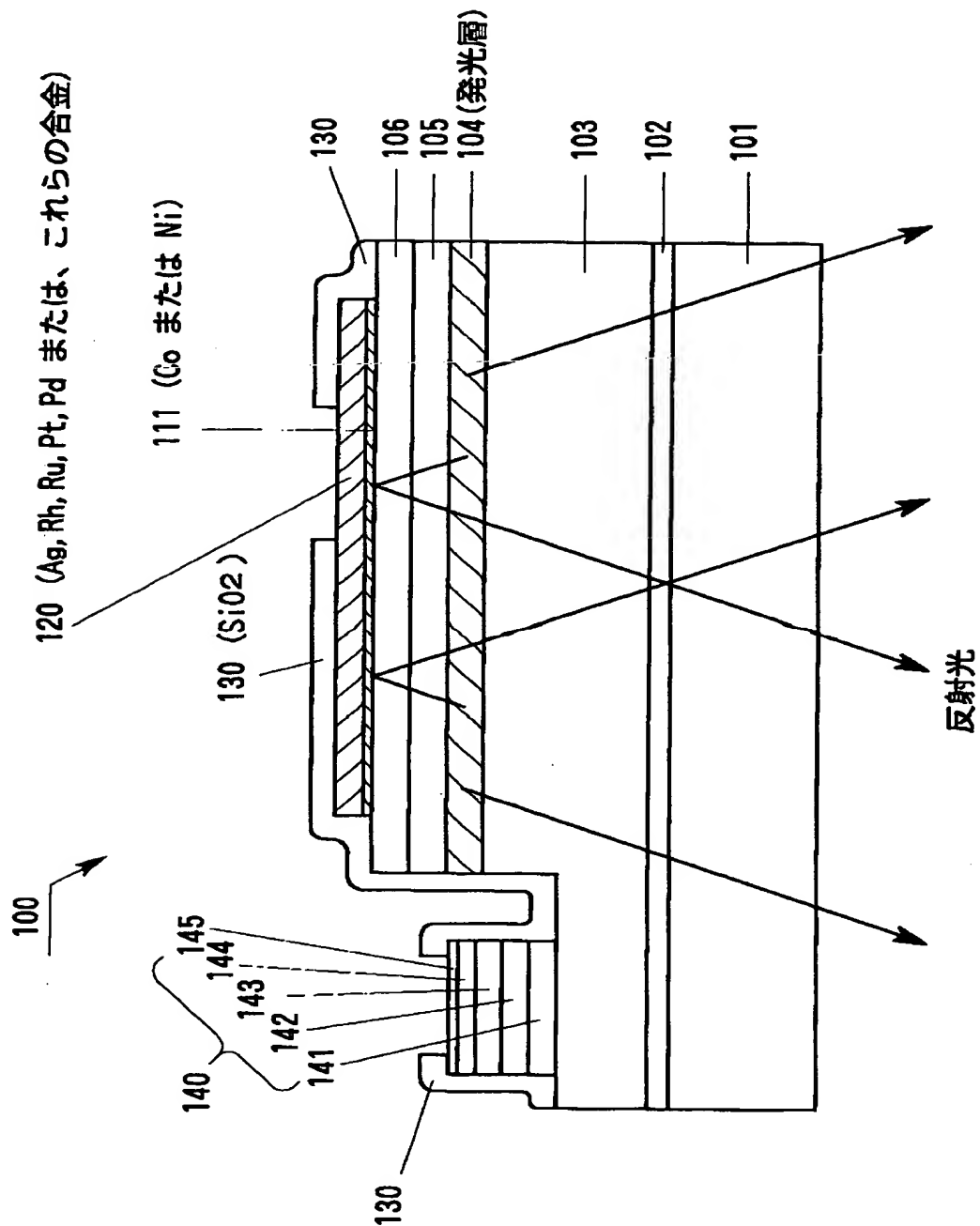
フリップチップ型の半導体発光素子 4 0 0 の模式的断面図。

【符号の説明】

- 1 0 1   …   サファイヤ基板
- 1 0 2   …   A l N バッファ層
- 1 0 3   …   n 型の G a N 層
- 1 0 4   …   発光層
- 1 0 5   …   p 型の A l G a N 層
- 1 0 6   …   p 型の G a N 層
- 1 1 1   …   第 1 薄膜金属層
- 1 1 2   …   第 2 薄膜金属層
- 1 2 0   …   正電極
- 1 2 1   …   正電極第 1 層
- 1 2 2   …   正電極第 2 層
- 1 2 3   …   正電極第 3 層
- 1 3 0   …   保護膜
- 1 4 0   …   多層構造の負電極

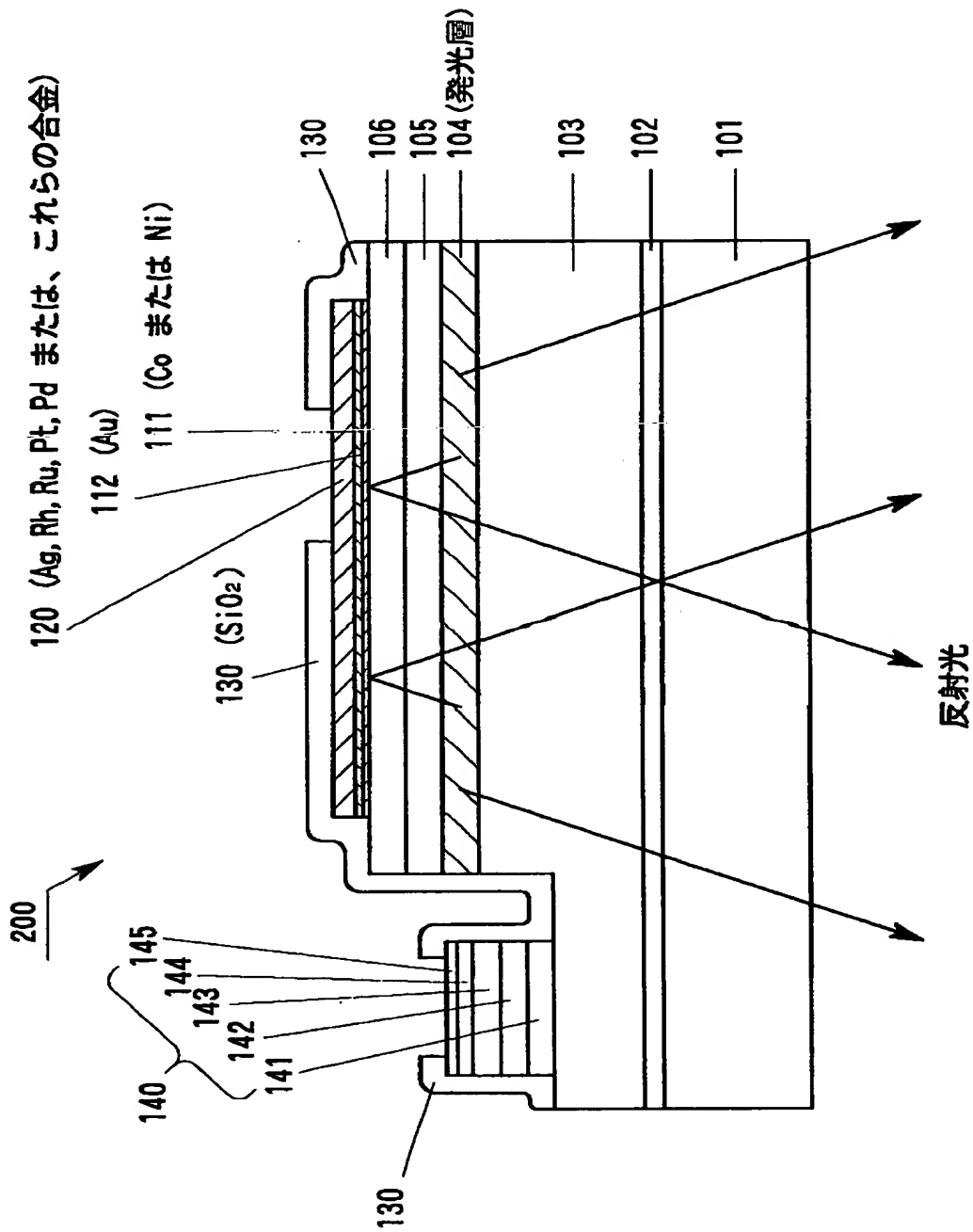
【書類名】 図面

【図 1】





【図 2】



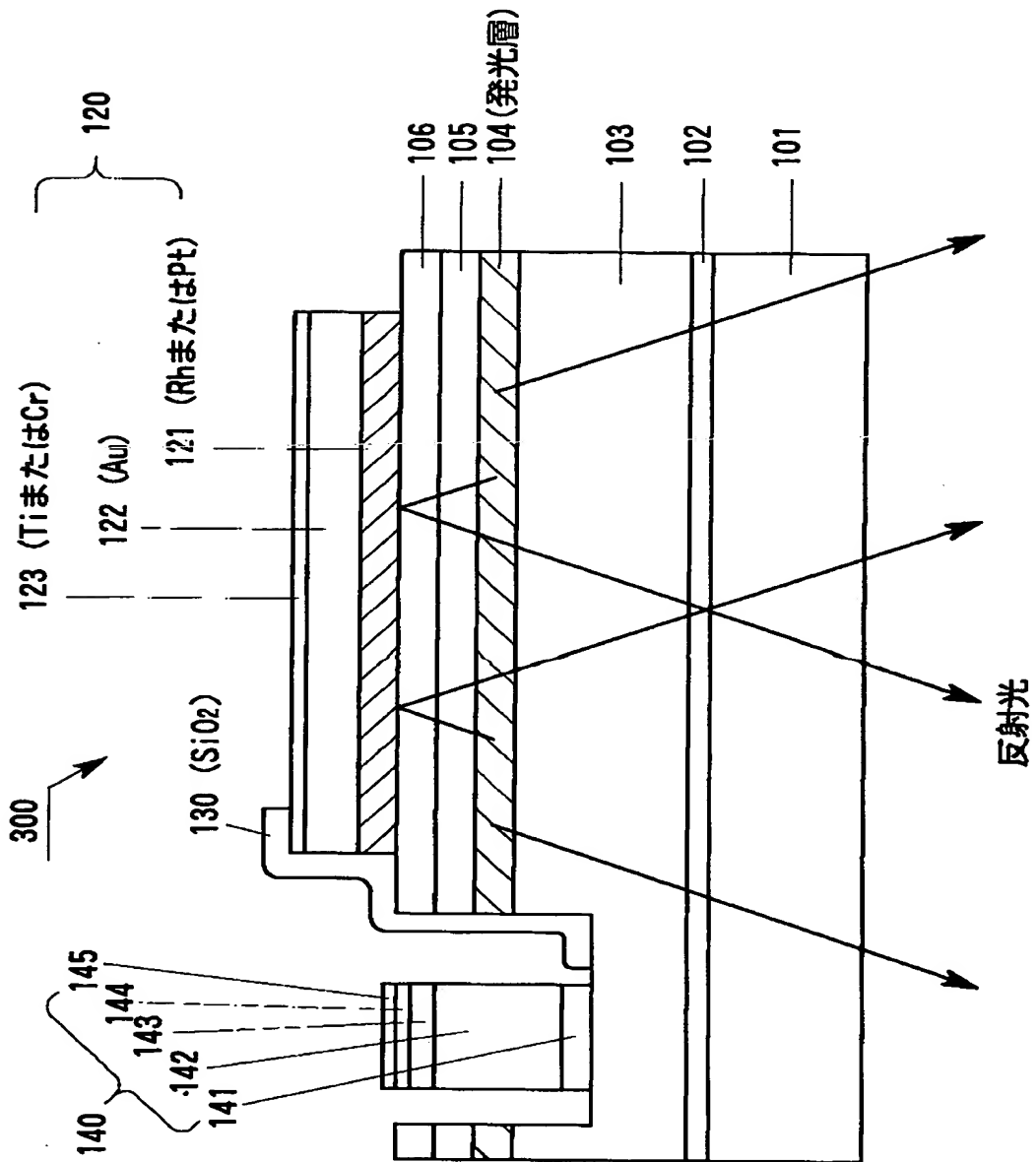
【図 3】

発光強度測定結果

項 番	技術区分	構 造	正電極	第 1 薄膜 金属層	第 2 薄膜 金属層	相対光度	密着性
1	従来技術	発光素子 400 (図 4)	Co (3000Å)	なし	なし	100	◎
2			Ni (3000Å)	なし	なし	100	◎
3	本 発 明	発光素子 100 (図 1)	Ag (3000Å)	なし	なし	160	○ <sup>-</sup>
3.1			Rh (3000Å)	なし	なし	140	◎
4			Ag (3000Å)	Co (10Å)	なし	150	○
5			Rh (3000Å)	Co (10Å)	なし	130	○
6		発光素子 200 (図 2)	Pt (3000Å)	Co (10Å)	なし	110	○
7			Pd (3000Å)	Co (10Å)	なし	110	○
8			Ag (3000Å)	Co (10Å)	Au (150Å)	150	◎

◎ : 強固    ○ : 良好    ○<sup>-</sup> : やや劣るが特性としては問題なし

【図 4】



【図 5】

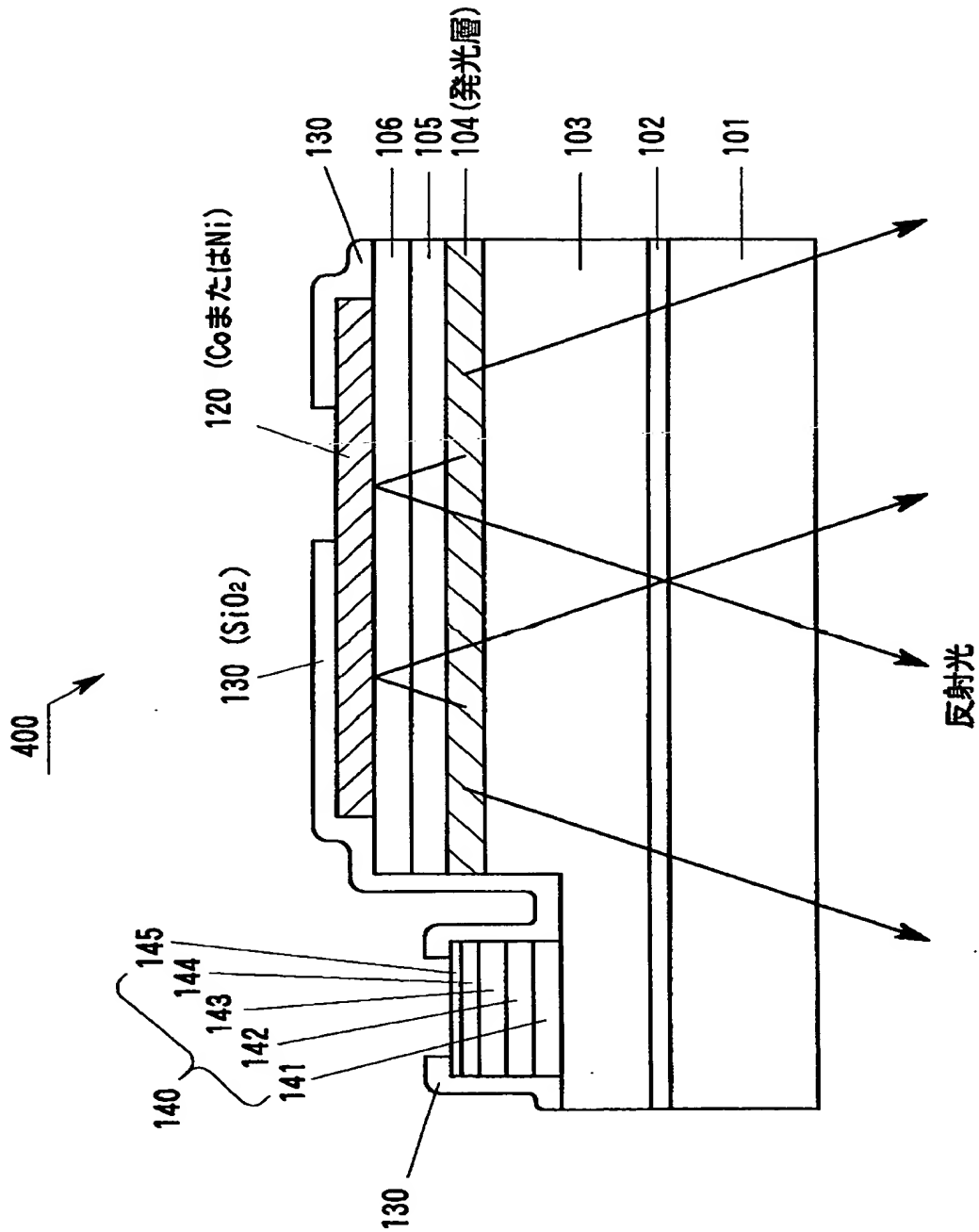
従来例		100
本発明	Pt	130
	Rh	140

【図 6】

使用金属の 元素記号	評 価 項 目					
	① 反射率	② 接触抵抗 (駆動電圧)	③ GaN層と の密着性	④ 耐蝕性	⑤ Au積層後の 特性安定性	⑥ 総合評価 (商用量産可否)
Rh	◎	O <sup>+</sup>	O <sup>+</sup>	O <sup>+</sup>	O	◎
Pt	O	O	O	O	△	O
Ru	O	O	O	O	△	O
Ag	◎	O	△	△	△	O <sup>-</sup>
Pd	O	O	△	O	△	O <sup>-</sup>
Al	◎	△	△	△	×	△
Ni	△	O	O	O	O	△
Co	△	O	O	O	O	△
Mg	O	△	O	×	△	△ <sup>-</sup>
Sn	O	×	×	△	未確認	×

◎:優 O:良 △:可 ×:不可 O<sup>+</sup>:良(O)よりもやや優れる O<sup>-</sup>:良(O)よりもやや劣る

【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高光度、低駆動電圧の半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 フリップチップ型の III 族窒化物系化合物半導体発光素子において、p 型半導体層に接続され、光をサファイア基板側へ反射する厚膜正電極を銀 (A g)、ロジウム (R h)、ルテニウム (R u)、白金 (P t)、パラジウム (P d)、または、これらの合金より形成する。これにより、高反射率、低接触抵抗の正電極が得られる。p 型半導体層と厚膜正電極との間に、コバルト (C o)、ニッケル (N i)、または、これらの合金より成る第 1 薄膜金属層を備えれば、上記のコンタクト層に厚膜正電極をより強固に接続できる。第 1 薄膜金属層の膜厚は、2 Å 以上、2 0 0 Å 以下であれば効果を発揮し、より望ましくは、5 Å 以上、5 0 Å 以下がよい。金 (A u) より成る第 2 薄膜金属層を更に備えれば、厚膜正電極を更により強固に接続できる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第056357号
受付番号	59900192971
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成11年 3月10日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000241463
【住所又は居所】	愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地
【氏名又は名称】	豊田合成株式会社

【代理人】

申請人	
【識別番号】	100087723
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中川区一柳通1丁目23番地 土 屋ビル3F 藤谷特許事務所
【氏名又は名称】	藤谷 修



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000241463]

1. 変更年月日	1990年 8月 9日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地
氏 名	豊田合成株式会社